

М. В. Аладаилах, О. Л. Ташлыков

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

[aladailehmotaz@gmail.com](mailto:aladailehmotaz@gmail.com)

## ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК В МАТЕРИАЛЫ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОГЛОЩЕНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

*В работе описано исследование влияния многостенных (многослойных) углеродных нанотрубок при добавлении (в количестве 5 и 10 %) в различные материалы на их защитные свойства по отношению к гамма-излучению  $^{137}\text{Cs}$  (662 кэВ). Определены значения линейного коэффициента ослабления с помощью программы XCOM и проведено их сравнение с измеренными значениями.*

*Ключевые слова: многостенные углеродные нанотрубки, коэффициент линейного ослабления, массовый коэффициент ослабления, плотность вещества, активированный уголь, одностенные углеродные нанотрубки.*

M. W. Aladailah, O. L. Tashlikov

Ural Federal University, Ekaterinburg

## INFLUENCE OF ADDING MULTI-WALL CARBON NANOTUBES TO MATERIALS ON GAMMA RADIATION ABSORPTION FACTORS

*A study is described of the effect of multi-walled (multilayer) carbon nanotubes when added (in amounts of 5 and 10 %) to various materials on their protective properties with respect to  $^{137}\text{Cs}$  gamma radiation (662 keV). The values of the linear attenuation coefficient were determined using the XCOM program and their comparison with the measured values was carried out.*

*Keywords: multi-walled carbon nanotubes, linear attenuation coefficient, mass attenuation coefficient, substance density, activated carbon, single-walled carbon nanotubes.*

Углеродные нанотрубки считаются одними из ключевых материалов для будущих инноваций [1]. В настоящее время проведено

большое количество исследований электрических, тепловых и механических свойств материалов на основе углеродных нанотрубок [2]. В данном исследовании представлены результаты измерения массового коэффициента ослабления ( $\mu$ ) для материалов на основе углеродных нанотрубок при их использовании. Число исследований, посвященных ослаблению гамма-излучения в материалах, содержащих углеродные нанотрубки, ограничено. Одно из них посвящено влиянию расширения наночастиц свинца на экранирующие свойства бетона, по отношению к гамма-излучению [3]. В основном, представлены исследования, использующие разные источники гамма-излучения, например ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{24}\text{Na}$ ), для изучения экранирующих свойства гомогенных радиационно-защитных материалов [4, 5].

Детектор, используемый в данном эксперименте, состоит из сцинтилляционного кристалла иодида натрия (NaI) и фотоумножителя. Вероятность взаимодействия между входящим гамма-излучением и материалом в мишени (детекторе) зависит от нескольких переменных. Для получения связи между вероятностью взаимодействия и поперечным сечением, использовано уравнение

$$dI = I(x + dx) - I(x) = -\mu I(x) dx, \quad (1)$$

где  $dI$  – уменьшение интенсивности пучка частиц на небольшом расстоянии  $dx$  через среду;  $\mu$  – массовый коэффициент ослабления или поглощения,  $x$  – толщина.

В этом исследовании использована программа ХСОМ для расчета коэффициентов затухания и проведено сравнение с полученными экспериментальными данными. Для изучения экранирующих свойств изготовленных материалов использовалась установка, схема которой приведена на рис. 1.

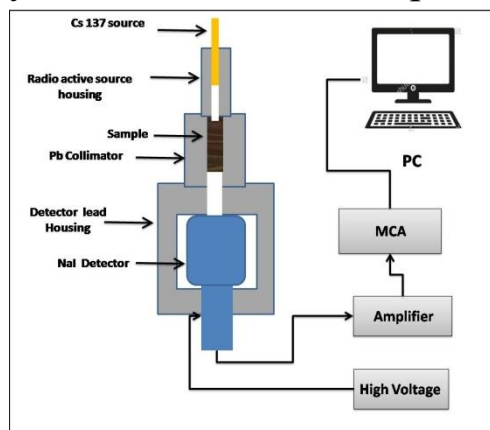


Рис. 1. Принципиальная схема установки, используемой для исследования защитных свойств готовых материалов

Измерения линейного и массового коэффициента ослабления были проведены для материала без добавок и с добавками MWCNT (5 и 10 %), для материала с активированным углем (5 и 10 %) и проведено сравнение с результатами вычисления, полученными в программе ХСОМ, которое представлено на рис. 2.

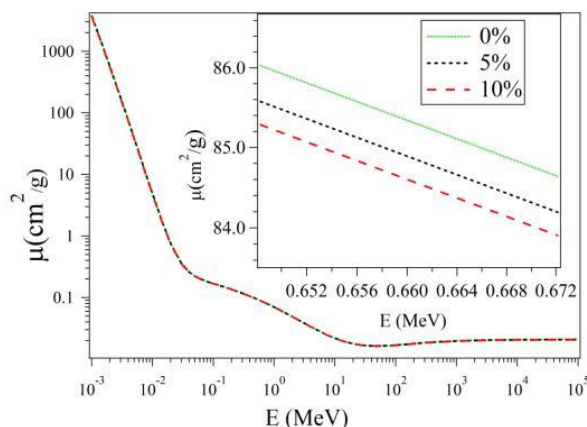


Рис. 2. Коэффициенты массового ослабления, рассчитанные в программе ХСОМ, для трех различных концентраций углерода

#### Список использованных источников

1. Savage, N., Thomas, T. A., Duncan, J. S. Nanotechnology applications and implications research supported by the US Environmental Protection Agency STAR grants program // Journal of Environmental Monitoring. 2007. Vol. 9, iss. 10. P. 1046. doi:10.1039/b704002d.
2. Qian, D., Wagner, G. J., Liu, W. K., Yu M.-F., Ruoff R. S. Mechanics of carbon nanotubes // Appl Mech Rev. 2002. Vol. 55, № 6. P. 495–533. DOI: 10.1115/1.1490129.
3. Hassan, H. E., Badran, H. M., Aydarous, A., Sharshar, T. Studying the effect of nano lead compounds additives on the concrete shielding properties for  $\gamma$ -rays // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms. 2015. Vol. 360, № 1. P. 81–89. DOI: 10.1016/j.nimb.2015.07.126.
4. Russkikh I. M., Seleznev E. N., Tashlykov O. L, Shcheklein S. E. Experimental and Theoretical Study of Organometallic Radiation-Protective Materials Adapted to Radiation Sources with a Complex Isotopic Composition // Physics of Atomic Nuclei. 2015. Vol. 78, No. 12. P. 1451–1456. DOI: 10.1134/S106377881512008X.
5. Tashlykov O. L., Shcheklein S. E., Russkikh I. M., Seleznev E. N., Kozlov A. V. Composition Optimization of Homogeneous Radiation-Protective Materials for Planned Irradiation Conditions // Atomic Energy. 2017. Vol. 121, No. 4. P. 303–307. DOI: 10.1007/s10512-017-0202-7.